

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-053963

(43)Date of publication of application : 19.02.2002

(51)Int.Cl. C23C 16/44
H01L 21/3065

(21)Application number : 2001-213702 (71)Applicant : IPS LTD

(22)Date of filing : 13.07.2001 (72)Inventor : PARK YOUNG-HOON

(30)Priority

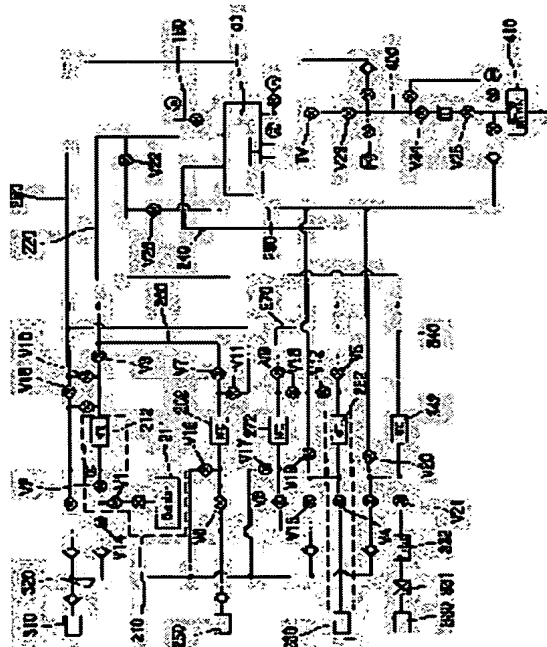
Priority number :	2000 200042169	Priority date :	22.07.2000	Priority country :	KR
-------------------	----------------	-----------------	------------	--------------------	----

(54) ALD THIN FILM VAPOR DEPOSITION APPARATUS PROVIDED WITH CLEANING APPARATUS AND CLEANING METHOD THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ALD (Atomic Layer Deposition) thin film vapor deposition apparatus provided with a cleaning apparatus by which dry cleaning is efficiently performed, and after the cleaning, thin film vapor deposition can easily be performed.

SOLUTION: This ALD thin film vapor deposition apparatus includes a reaction vessel 100 in which a wafer is incorporated and is vapor-deposited, a first reaction gas feeding line 220 connecting a first reaction gas feeding part 210 and the reaction vessel 100 and a cleaning gas feeding line 340 connected with the first gas feeding line 220 and feeding cleaning gas for cleaning the reaction vessel 100. In the vapor deposition apparatus in a state in which a wafer is not housed in the reaction vessel 100, prior to thin film vapor deposition, cleaning gas and inert gas are mixed, this gaseous mixture is jetted onto the upper surface of a wafer block placed with a wafer through the plural jetting ports of the reaction vessel 100, and the inert gas is jetted on the edge sides of the wafer block through the plural nozzles of the reaction vessel 100.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.07.2001

[Date of sending the examiner's decision
of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3705426

[Date of registration] 05.08.2005

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-53963

(P2002-53963A)

(43) 公開日 平成14年2月19日 (2002. 2. 19)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード* (参考)

C 2 3 C 16/44

C 2 3 C 16/44

J 4 K 0 3 0

H 0 1 L 21/3065

H 0 1 L 21/302

N 5 F 0 0 4

審査請求 有 請求項の数28 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2001-213702(P2001-213702)

(22) 出願日 平成13年7月13日 (2001. 7. 13)

(31) 優先権主張番号 0 0 - 4 2 1 6 9

(32) 優先日 平成12年7月22日 (2000. 7. 22)

(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

(71) 出願人 599067514

アイピーエス リミテッド

I P S L t d .

大韓民国 京畿道 平沢市 芝制洞 33番地

(72) 発明者 朴 永 薫

大韓民国 京畿道 平沢市 芝制洞 33番地
アイピーエス リミテッド内

(74) 代理人 100068755

弁理士 恩田 博宣 (外1名)

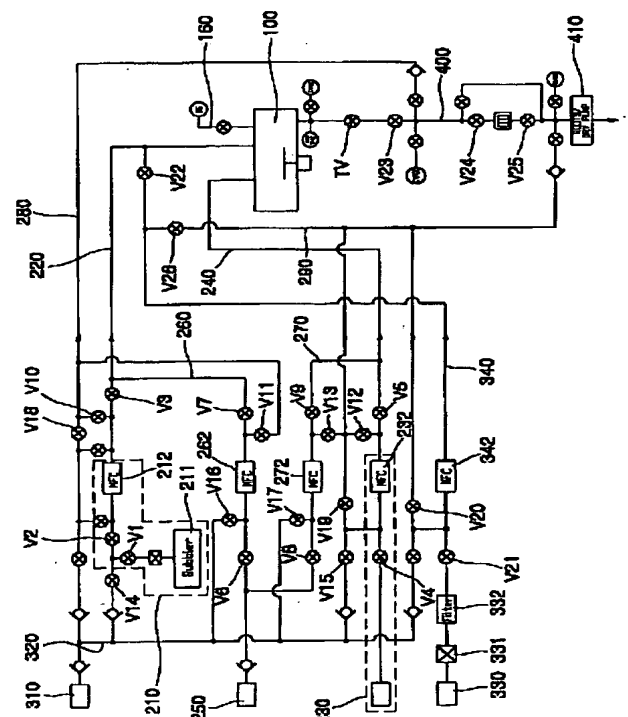
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 クリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置及びそのクリーニング方法

(57) 【要約】

【課題】 効率良く乾式クリーニングし、クリーニング後、薄膜蒸着が容易に行えるクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置を提供する。

【解決手段】 ALD薄膜蒸着装置は、ウェーハが内蔵されて蒸着される反応容器100と、第1反応ガス供給部210と反応容器100とを連結する第1反応ガス供給ライン220と、第1反応ガス供給ライン220と連結されて反応容器100をクリーニングするためのクリーニングガスを供給するクリーニングガス供給ライン340とを含む。蒸着装置は、ウェーハが反応容器100に収納されていない状態で、薄膜蒸着に先立って、クリーニングガス及び不活性ガスを混合し、その混合ガスを反応容器100の複数の噴射口を通じてウェーハを載置するウェーハブロックの上部の表面に噴射し、不活性ガスを反応容器100の複数のノズルを通じてウェーハブロックの縁側に噴射する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ウェーハが内蔵されて蒸着される反応容器と、

第1反応ガスを前記反応容器に供給するための第1反応ガス供給部と、

第2反応ガスを前記反応容器に供給するための第2反応ガス供給部と、

前記第1反応ガス供給部と前記反応容器とを連結する第1反応ガス供給ラインと、

前記第2反応ガス供給部と前記反応容器とを連結する第2反応ガス供給ラインと、

不活性ガス供給源から供給される不活性ガスを前記第1反応ガス供給ラインに供給する第1不活性ガス供給ラインと、

不活性ガス供給源から供給される不活性ガスを前記第2反応ガス供給ラインに供給する第2不活性ガス供給ラインと、

前記反応容器内のガスを外部に排出する排気ラインと、前記第1反応ガス供給ラインと連結されて、前記反応容器をクリーニングするためのクリーニングガスを供給するクリーニングガス供給ラインとを含むことを特徴とするクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置。

【請求項2】 前記クリーニングガスは、 ClF_3 であることを特徴とする請求項1に記載のクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置。

【請求項3】 前記クリーニングガス供給ラインは、供給されるクリーニングガスの流量を制御するクリーニングガス流量制御器と、前記クリーニングガスの流れをオン／オフする少なくとも一つ以上の弁とをさらに含むことを特徴とする請求項1に記載のクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置。

【請求項4】 前記クリーニングガスは、 ClF_3 であることを特徴とする請求項3に記載のクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置。

【請求項5】 前記クリーニングガス供給ラインは、クリーニングガス内に存在する異物をフィルタリングするフィルターをさらに含むことを特徴とする請求項3に記載のクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置。

【請求項6】 前記第1反応ガス供給部は、第1反応原料をガス化するバブラーと、前記バブラーから供給される第1反応ガスの流量を制御する第1反応ガス流量制御器と、前記バブラーと前記第1反応ガス流量制御器との間のラインに設けられて前記第1反応ガスの流れをオン／オフする第1弁とを含むことを特徴とする請求項1に記載のクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置。

【請求項7】 前記第1反応ガスは $TiCl_4$ またはTa元素を含む化合物ガスであり、第2反応ガスは NH_3 であることを特徴とする請求項6に記載のクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置。

【請求項8】 前記第1反応ガス供給部は、

供給される第1反応ガスの流れをオン／オフする第31弁と、前記第31弁を経由した第1反応ガスの流量を制御する第1反応ガス流量制御器とを含むことを特徴とする請求項1に記載のクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置。

【請求項9】 前記第1反応ガスは WF_6 であり、第2反応ガスは NH_3 であることを特徴とする請求項8に記載のクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置。

【請求項10】 ALD薄膜蒸着装置は、さらに、第3反応ガスを前記第2反応ガス供給ラインに供給する第3反応ガス供給部と、第4反応ガスを第2反応ガス供給ラインに供給する第4反応ガス供給部とを備え、

前記第4反応ガス供給部は、供給される第4反応ガスの流れをオン／オフする第32弁と、前記第32弁を経由した第4反応ガスの流量を制御する第4反応ガス流量制御器と、前記第4反応ガス流量制御器により制御された第4反応ガスの流れをオン／オフする第33弁とを有することを特徴とする請求項1に記載のクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置。

【請求項11】 前記第3反応ガス供給部は、第3反応原料をガス化するバブラーと、前記バブラーから供給される第3反応ガスの流量を制御する第3反応ガス流量制御器と、前記バブラーと前記第3反応ガス流量制御器との間のラインに設けられて第3反応ガスの流れをオン／オフする第34弁と、

前記第2反応ガス供給ラインに、前記第3反応ガス流量制御器により制御された第3反応ガスの流れをオン／オフする第35弁とをさらに含むことを特徴とする請求項10に記載のクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置。

【請求項12】 前記第1反応ガスはTiまたはTaまたはWである転移金属元素を含む化合物ガスであり、第2反応ガスは NH_3 であり、前記第3反応ガスはTMAであり、第4反応ガスは H_2 であることを特徴とする請求項10に記載のクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置。

【請求項13】 前記反応容器は、ウェーハが収納されるリアクターブロックと、前記リアクターブロックを覆って所定の圧力を一定に保つシャワーヘッド板と、前記シャワーヘッド板の下部に設けられるものであって、前記第1反応ガス供給ラインを経由して移送される第1反応ガス及び／又は不活性ガスを前記ウェーハの上部の表面に噴射するように前記ウェーハの上部に形成された多数の噴射口、及び前記第2反応ガス供給ラインを経由して移送される第2反応ガス及び／又は不活性ガスをウェーハの縁側に噴射するように前記リアクタープロ

ックの内側壁の方向に斜めに形成された多数のノズルを有する拡散板と、

前記リアクターブロックの内部に設けられ、前記ウェーハが置かれるウェーハブロックとを含むことを特徴とする請求項1に記載のクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置。

【請求項14】 前記拡散板の温度を所望の範囲内に下げるために、前記シャワーヘッド板には冷媒が流れる冷媒流路が形成されていることを特徴とする請求項13に記載のクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置。

【請求項15】 ウェーハが位置づけられるリアクターブロックと、前記リアクターブロックの内部に設けられ、前記ウェーハが置かれるウェーハブロックと、前記ウェーハブロックの上部に形成された多数の噴射口及び前記ウェーハブロックの縁側に向かって前記リアクターブロックの内側壁の方向に斜めに形成された多数のノズルが形成された拡散板を含む反応容器とが具備され、第1反応ガス及び第2反応ガスを使用して蒸着を行うALD薄膜蒸着装置をクリーニングする方法であって、前記反応容器内にウェーハが収納されない状態で行うものであって、クリーニングガス及び不活性ガスを混合させて前記噴射口を通じて前記ウェーハブロックの上部の表面に噴射し、不活性ガスを前記ノズルを通じて前記ウェーハブロックの縁側に噴射するメインクリーニング工程を含むことを特徴とするALD薄膜蒸着装置用クリーニング方法。

【請求項16】 前記メインクリーニング工程において、前記クリーニングガスの流量は50SCCM以上であり、前記クリーニングガスと混合されて前記噴射口に流れる不活性ガスの流量は50SCCM以上であり、前記ノズルに流れる不活性ガスの流量は300SCCM以上であることを特徴とする請求項15に記載のALD薄膜蒸着装置用クリーニング方法。

【請求項17】 前記メインクリーニング工程において、前記反応容器内の圧力は0.5Torr～10Torrの範囲内に設定されることを特徴とする請求項16に記載のALD薄膜蒸着装置用クリーニング方法。

【請求項18】 前記メインクリーニング工程において、前記反応容器の内部の表面の温度がウェーハブロックを除いて200℃を超えないようにすることを特徴とする請求項16に記載のALD薄膜蒸着装置用クリーニング方法。

【請求項19】 前記反応容器内にウェーハが収納されない状態で行うものであって、前記クリーニングガスを前記反応容器の内部に周期的なパルス流入によって流入させ、前記パルス流入に伴う圧力揺動による瞬間拡散を誘導してクリーニングを行うサブクリーニング工程をさ

らに含むことを特徴とする請求項15に記載のALD薄膜蒸着装置用クリーニング方法。

【請求項20】 前記サブクリーニング工程において、前記クリーニングガスの流量は50SCCM以上であり、前記クリーニングガスと混合されて前記噴射口に流れる不活性ガスの流量は50SCCM以上であり、前記ノズルに流れる不活性ガスの流量は300SCCM以上であることを特徴とする請求項19に記載のALD薄膜蒸着装置用クリーニング方法。

【請求項21】 前記サブクリーニング工程において、前記反応容器内の圧力は、0.5Torr～10Torrの範囲内に設定されることを特徴とする請求項19に記載のALD薄膜蒸着装置用クリーニング方法。

【請求項22】 前記サブクリーニング工程において、前記反応容器内の表面の温度がウェーハブロックを除いて200℃を超えないようにした状態で行うことを特徴とする請求項19に記載のALD薄膜蒸着装置用クリーニング方法。

【請求項23】 前記反応容器内にウェーハが収納されない状態で行うものであって、前記反応容器の内部に残っている微細なパーティクルをその反応容器の内部の表面に固着させるための容器内プレコーティング工程をさらに含むことを特徴とする請求項15に記載のALD薄膜蒸着装置用クリーニング方法。

【請求項24】 前記容器内プレコーティング工程は、前記第1反応ガス及び不活性ガスを混合させて前記噴射口を通じて前記ウェーハブロックの上部の表面に噴射し、前記第2反応ガス及び不活性ガスを混合させて前記ノズルを通じて前記ウェーハブロックの縁側に噴射することにより行うことを特徴とする請求項23に記載のALD薄膜蒸着装置用クリーニング方法。

【請求項25】 前記容器内プレコーティング工程は、前記反応容器に前記第1反応ガス及び不活性ガスを混合して流入させつつ前記第1反応ガスを所定時間排除させる第1工程と、前記反応容器に前記第2反応ガス及び不活性ガスを流入させつつ前記第2反応ガスを所定時間排除させる第2工程とを繰り返すことを特徴とする請求項23に記載のALD薄膜蒸着装置用クリーニング装置。

【請求項26】 前記容器内プレコーティング工程は、前記第2反応ガス及び不活性ガスを反応容器に流入し続けつつ、且つ前記第1反応ガス及び不活性ガスを混合して流入させつつ前記第1反応ガスを所定時間排除させる工程を繰り返すことを特徴とする請求項23に記載のALD薄膜蒸着装置用クリーニング方法。

【請求項27】 前記容器内プレコーティング工程は、前記第1反応ガスとしてC1元素を含む化合物ガスを使用し、前記第2反応ガスとしてNH₃を使用する場合、初期の第1反応ガスを前記反応容器100に流入させる少なくとも数秒前に前記NH₃ガスを反応容器100の

内部に流入させることを特徴とする請求項23に記載のALD薄膜蒸着装置用クリーニング方法。

【請求項28】 前記クリーニングガスは、 ClF_3 であることを特徴とする請求項15に記載のALD薄膜蒸着装置用クリーニング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は原子層蒸着 (Atomic Layer Deposition、ALD) 薄膜蒸着装置に係り、より詳細には、クリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置及びALD薄膜蒸着装置のクリーニング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 薄膜蒸着装置は、反応容器内に収納されたウェーハに反応ガスを供給することにより、ウェーハ上に所定の薄膜を形成する装置である。このような薄膜蒸着装置としては、CVD (Chemical Vapor Deposition)、ALE (Atomic Layer Epitaxy) など、各種の方式によるものがあり、半導体を製造するための様々な分野において応用されている。

【0003】 薄膜蒸着装置において、流入される反応ガスにより、ウェーハだけに薄膜が形成されるのではなく、反応容器の内壁や構成要素または反応ガスが噴射される穴に薄膜や工程副産物が蒸着される。このような不要な薄膜や工程副産物から分離されたパーティクルがウェーハに落ちる場合、ウェーハ上に蒸着された薄膜の特性が低下してしまう。この理由から、前記のように反応容器の内壁や構成要素または穴に蒸着される薄膜や工程副産物を効率良く除去するためのクリーニング装置及びクリーニング方法が望まれている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、反応容器内または構成要素の表面に蒸着される薄膜や工程副産物を反応容器を開けずに効率良く乾式クリーニングし、クリーニング後に薄膜蒸着工程が容易に行えるようなクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置及びそのクリーニング方法を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成するために、本発明によるクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置は、ウェーハが内蔵されて蒸着される反応容器と、第1反応ガスを前記反応容器に供給するための第1反応ガス供給部と、第2反応ガスを前記反応容器に供給するための第2反応ガス供給部と、前記第1反応ガス供給部と前記反応容器とを連結する第1反応ガス供給ラインと、前記第2反応ガス供給部と前記反応容器とを連結する第2反応ガス供給ラインと、不活性ガス供給源から供給される不活性ガスを前記第1反応ガス供給ラインに

供給する第1不活性ガス供給ラインと、不活性ガス供給源から供給される不活性ガスを前記第2反応ガス供給ラインに供給する第2不活性ガス供給ラインと、前記反応容器内のガスを外部に排出する排気ラインと、前記第1反応ガス供給ラインと連結されて前記反応容器をクリーニングするためのクリーニングガスを供給するクリーニングガス供給ラインとを含むことを特徴とする。

【0006】 ここで、前記クリーニングガスは ClF_3 であり、前記クリーニングガス供給ラインは、供給されるクリーニングガスの流量を制御するクリーニングガス流量制御器と、前記クリーニングガスの流れをオン/オフする少なくとも一つ以上の弁とをさらに含む。

【0007】 そして、前記クリーニングガス供給ラインは、クリーニングガス内に存在する異物をフィルタリングするフィルターをさらに含む。前記目的を達成するために、本発明によるALD薄膜蒸着装置用クリーニング方法は、ウェーハが位置づけられるリアクターブロックと、前記リアクターブロックの内部に設けられ、前記ウェーハが置かれるウェーハブロックと、前記ウェーハブロックの上部に形成された多数の噴射口及び前記ウェーハブロックの縁側に向かって前記リアクターブロックの内側壁の方向に斜めに形成された多数のノズルが形成された拡散板を含む反応容器とが具備され、第1反応ガス及び第2反応ガスを使用して蒸着を行うALD薄膜蒸着装置をクリーニングする方法であって、前記反応容器100内にウェーハが収納されない状態で行うものであって、クリーニングガス及び不活性ガスを混合させて前記噴射口を通じて前記ウェーハブロックの上部の表面に噴射し、不活性ガスを前記ノズルを通じて前記ウェーハブロックの縁側に噴射するメインクリーニング工程を含むことを特徴とする。

【0008】 ここで、前記反応容器内にウェーハが収納されていない状態で行うものであって、前記クリーニングガスを前記反応容器の内部に周期的なパルス流入によって流入し、前記パルス流入に伴う圧力揺動による瞬間拡散を誘導してクリーニングを行うサブクリーニング工程をさらに含む。

【0009】 また、前記反応容器内にウェーハが収納されていない状態で行うものであって、前記反応容器の内部に残っている微細なパーティクルをその反応容器の内部の表面に固着させるための容器内プレコーティング工程をさらに含む。

【0010】

【発明の実施の形態】 以下、添付した図面に基づき、本発明の望ましい実施形態について詳細に説明する。

【0011】 図1は、本発明によるクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置の第1実施形態を示した図である。第1実施形態のALD薄膜蒸着装置はウェーハwにTiN、TaNなどの薄膜を蒸着でき、このうち、TiN薄膜蒸着を例として説明すれば、下記の通りである。

すなわち、TiN薄膜を形成するために、第1反応ガスとしてTiCl₄を使用し、第2反応ガスとしてNH₃を使用し、不活性ガスとしてArを使用する。

【0012】図面を参照すれば、ALD薄膜蒸着装置は、ウェーハが内蔵されて蒸着される反応容器100と、反応容器100に反応ガスを供給するガスジャングルと、反応容器100内のガスを外部に排出する排気ライン400とを含む。

【0013】図2は、図1のALD薄膜蒸着装置において、反応容器100の分解斜視図であり、図3は、図2に採用される反応容器100において、シャワーヘッド及び拡散板を分離して示した斜視図であり、図4は、図2の反応容器100の断面図であり、図5は、図4の反応容器100の第1混合部134の拡大図である。

【0014】図面を参照すれば、反応容器100は、ウェーハwが収納されるリアクターブロック110と、リアクターブロック110にヒンジ128、129により結合されたシャワーヘッド板120と、シャワーヘッド板120の下部に設けられ、反応ガス及び／又は不活性ガスを噴射する拡散板130と、リアクターブロック110の内部に設けられ、ウェーハwが置かれるウェーハブロック140とを含む。シャワーヘッド板120には、供給される第1反応ガス及び／又は不活性ガスが移送される第1連結ライン121と、供給される第2反応ガス及び／又は不活性ガスが移送される第2連結ライン122とが設けられている。

【0015】リアクターブロック110には、後述する第1、第2反応ガス供給ライン220、240と連結される第1接続パイプ111及び第2接続パイプ112が設けられている。接続パイプ111、112は、接続部113及びOリング113aを通じてシャワーヘッド板120に設けられた第1、第2連結ライン121、122と密封されるように接続される。

【0016】また、リアクターブロック110には、流入される不活性ガス及び／又は反応ガスが排出できる排気ホール117、118が2つ以上相互対称するように形成されている。リアクターブロック110の上部にはシャワーヘッド板120を閉じるとき、リアクターブロック110とシャワーヘッド板120との間の密封が確実になされるようにメインOリング114が設けられる。

【0017】シャワーヘッド板120はリアクターブロック110を覆ってリアクターブロック110の内部の圧力を所定の圧力に一定に保ち、シャワーヘッド板120がリアクターブロック110を覆うとき、拡散板130をリアクターブロック110の内部に位置づける。

【0018】拡散板130は、薄膜蒸着工程時にガスを噴射する手段であって、拡散板130には第1連結ライン121と連結されてウェーハブロック140の上部に第1反応ガス及び／又は不活性ガスを噴射する多数の噴

射口131と、第2連結ライン122と連通された流路132と連結されて、第2反応ガス及び／又は不活性ガスをウェーハブロック140の縁側に噴射可能にリアクターブロック110の内側壁に向かって斜めに形成された多数のノズル133とが形成されている。

【0019】拡散板130の内部の中心には、図4及び図5に示されるように、第1反応ガス及び不活性ガスを均一に混合させて噴射口131に流す第1混合部134が形成されている。第1連結ライン121に流れる第1反応ガス及び不活性ガスは、第1混合部134において渦巻いて混合された後に拡散されて全ての噴射口131からウェーハ上に均一に噴射される。

【0020】噴射口131は、第1混合部134に対応する第1拡散板130aの下部には形成されていない。そして、噴射口131が形成された第1拡散板130aの全体面積は、望ましくは、噴射されるガスがウェーハ全面に均一に噴射可能に、ウェーハブロック140に置かれるウェーハwの面積よりも大きい。

【0021】ノズル133は第2混合部135を中心として放射状に形成された流路132と連通されており、図4に示されるように、リアクターブロック110の内側壁に向かって斜めに形成されている。

【0022】一方、第2連結ライン122とシャワーヘッド板120との間には、図4に示されるように、第2反応ガス及び不活性ガスを互いに均一に混合するための第2混合部135が形成されている。第2混合部135は、隔壁135aに穴135bが形成された構造を有する。

【0023】ウェーハブロック140はウェーハwが置かれる場所であって、蒸着作業がなされる時所定温度以上に保たれるようにヒータHが設けられる。拡散板130とウェーハブロック140との間の間隔Dは20mm～50mmの範囲にある。図6は、薄膜蒸着時に、間隔Dと比抵抗との関係を示したグラフである。これを参照すれば、拡散板130とウェーハブロック140との間の間隔Dが30mmである場合、比抵抗が最も低いということが分かる。しかし、他の条件、例えば第1、第2反応ガスの種類及び流量、ウェーハブロック140の温度などの条件を異ならしめたとき、間隔Dは略20mm～50mmの範囲内において比抵抗が低かった。これから、このような間隔Dが優れた特性の薄膜を形成するのに重要な構造的な特徴を有するという結論が得られる。

【0024】このような値は、従来のCVD反応容器において、反応ガスが噴射される拡散板とウェーハが置かれるウェーハブロックとの間隔が略50mm～100mmであったのと対照される。本発明においては、従来に比べて間隔Dが狭いため、噴射口131から噴射される第1反応ガス及び／又は不活性ガスの噴射圧力によってウェーハw上に密な第1反応ガス層が形成され、この第

1 反応ガス層は以降に流入される第2反応ガスと反応して、より高純度及び電気特性に優れた薄膜の形成を可能にする。

【0025】ウェーハブロック140の縁部には、ポンピングバッフル150が設けられる。ポンピングバッフル150は、ウェーハブロック140の縁側に設けられた側壁150aと、対称する穴150cが形成された底壁150bとを含む。このとき、ポンピングバッフルの底壁150bの下部、すなわち、リアクターブロック110の底面には、排気ライン117、118と連結されたドーナツ状のポンピングポート115が形成されている。

【0026】ポンピングバッフル150において、側壁150a及び底壁150bは、リアクターブロック110の内側壁に向かって噴射される第2反応ガス及び／又は不活性ガスがウェーハブロック140に置かれるウェーハw上に形成された第1反応ガス層とより均一に反応可能にする空間を与える。穴150cは、薄膜蒸着工程中に排出される工程副産物及び薄膜蒸着に利用できなかったガスを排出し、これらのガスは排気ホール117、118を経由し、ポンピングポート115を通じて排出される。

【0027】一方、薄膜蒸着工程を行うに当たって、反応容器の内部の圧力は1 Torr～10 Torrの範囲内に保たれる必要があるが、このような圧力を観察及び制御するために、反応容器には圧力測定部160が設けられる。

【0028】前記のような薄膜蒸着用反応容器100の内部及び外部にはヒータHが設けられていて、薄膜蒸着工程が行われるときに反応容器100を加熱する。例えば、TiN薄膜蒸着工程時に、リアクターブロック110の内部の表面温度は約120℃～200℃の範囲に保たれ、拡散板130は約150℃～260℃の範囲に保たれる。また、ウェーハブロック140は約425℃～650℃の範囲に保たれ、ポンピングバッフル150は約150℃～230℃の範囲に保たれる。そして、ウェーハwを供給及び移送する移送モジュール102と反応容器100との間のバット弁101は、その温度を約140℃～170℃の範囲に保たれる。前記のように温度を設定することにより、工程副産物の形成を最小化できる。

【0029】一方、シャワーヘッド板120には、冷媒が流れる冷媒流路123が形成されている。冷媒流路123にオイル、水、空気などの冷媒を流すことにより、拡散板130の温度を所望の範囲内に下げることができる。

【0030】薄膜蒸着工程に際し、反応容器100の内部の温度は重要な変数となる。反応容器100の内部の温度が適正温度範囲を超えると、拡散板130の表面に過度な薄膜及び工程副産物が蒸着され、これは、ウェー

ハw上にパーティクルをたくさん落とす原因となる。しかも、拡散板130の腐食ももたらされる。したがって、拡散板130の温度もやはり重要な変数として作用する。これを、図7を参照して説明すれば、下記の通りである。

【0031】図7は、TiCl₄ガス及びNH₃ガスを用いたTiN蒸着に際し、拡散板130の底面の温度とTiN薄膜蒸着速度との関係を示したグラフである。図面には拡散板130の底面の温度がT₁であるときのグラフと、T₂であるときのグラフが示されている。このとき、T₂の温度はT₁よりも高い。

【0032】グラフに示されたように、拡散板130の温度が適正温度範囲よりも高くなれば（すなわち、T₁<T₂）、同一のTiN薄膜蒸着速度を得るために、より多くのTiCl₄ガスを反応容器100内に流入させる必要がある。これは、TiCl₄ガスのうちほとんどのガスがウェーハw上に薄膜を蒸着するのに使用できず、拡散板130の底面と反応してパーティクルを生成したり、或いは拡散板130の表面において薄膜を蒸着するのに費やされるからである。

【0033】したがって、高くなった拡散板130の温度を必要に応じて下げ易くする必要がある。この場合には、シャワーヘッド板120に形成された冷媒流路123に冷媒を流して拡散板130の温度を下げるができる。結論的に、薄膜蒸着工程時に、拡散板130の温度を所望通りに下げたり、或いは上げたりして、拡散板の底面に蒸着される薄膜や工程副産物をより最小化できる。これにより、パーティクル及び望ましくない工程への影響を排除でき、究極的にクリーニング周期を増やせると共に、クリーニング効果も上げられる。

【0034】前記のような構造の薄膜蒸着用反応容器100は、図8に示されたように、ウェーハwを供給及び移送する移送モジュール102にバット弁101を挟んで装着される。ウェーハwは、移送モジュール102のロボットアーム（図示せず）によりウェーハ移送穴116を通じて反応容器100の内部に移送されてウェーハブロック140に置かれる。

【0035】ガスジャングルは、図1に示されたように、第1反応ガスを反応容器100に供給するための第1反応ガス供給部210と、第2反応ガスを反応容器100に供給するための第2反応ガス供給部230とを含む。

【0036】第1反応ガス供給部210は第1反応ガス供給ライン220を通じて反応容器100と連結され、第2反応ガス供給部230は第2反応ガス供給ライン240を通じて反応容器100と連結される。

【0037】不活性ガス供給源250からの不活性ガスが移送される第1不活性ガス供給ライン260は第1反応ガス供給ライン220と連結され、不活性ガス供給源250からの不活性ガスが移送される第2不活性ガス供

給ライン270は第2反応ガス供給ライン240と連結される。

【0038】第1反応ガス供給部210は、第1反応原料をガス化するバブラー211と、バブラー211から供給される第1反応ガスの流量を制御する第1反応ガス流量制御器(MFC; Mass Flow Controller)212と、バブラー211と第1反応ガスMFC212との間のラインに設けられて第1反応ガスの流れをオン/オフする第1弁V1及び第2弁V2を含む。

【0039】第1反応ガス供給ライン220には、第1反応ガスMFC212により制御された第1反応ガスの流れをオン/オフする第3弁V3が設けられる。第2反応ガス供給部230は、第2反応ガスの流れをオン/オフする第4弁V4と、第4弁V4を経由した第2反応ガスの流量を制御する第2反応ガスMFC232とを含む。第2反応ガス供給ライン240には、第2反応ガスMFC232により制御された第2反応ガスの流れをオン/オフする第5弁V5が設けられる。

【0040】第1不活性ガス供給ライン260には、供給される不活性ガスの流れをオン/オフする第6弁V6と、前記第6弁V6を経由した不活性ガスの流量を制御する第1不活性ガスMFC262と、第1不活性ガスMFC262により制御された不活性ガスの流れをオン/オフする第7弁V7とが設けられる。

【0041】第2不活性ガス供給ライン270には、供給される不活性ガスの流れをオン/オフする第8弁V8と、第8弁V8を経由した不活性ガスの流量を制御する第2不活性ガスMFC272と、第2不活性ガスMFC272により制御された不活性ガスの流れをオン/オフする第9弁V9とが設けられる。

【0042】ガスジャングルは、第1反応ガス及び/又は不活性ガスを反応容器100を経ずに直ちに排気ライン400に流すための第1バイパスライン280と、第2反応ガス及び/又は不活性ガスを反応容器100を経ずに直ちに排気ライン400に流すための第2バイパスライン290とを含む。

【0043】第1バイパスライン280は、第1反応ガスMFC212と第3弁V3との間のラインに連結されて排気ライン400への第1反応ガスの流れをオン/オフする第10弁V10と、第1不活性ガスMFC262と第7弁V7との間のラインに連結されて排気ライン400への不活性ガスの流れをオン/オフする第11弁V11とを含む。

【0044】第2バイパスライン290は、第2反応ガスMFC232と第5弁V5との間のラインと連結されて排気ライン400への第2反応ガスの流れをオン/オフする第12弁V12と、第2不活性ガスMFC272と第9弁V9との間のラインと連結されて排気ライン400への不活性ガスの流れをオン/オフする第13

弁V13とを含む。

【0045】第1、第2バイパスライン280、290は、第1反応ガスや第2反応ガスまたは不活性ガスなどの原料を取り替える時に流入される少量の空気を反応容器100を経ずに直ちに排気ライン400に流す場合に、またはライン内に汚染源が生じる場合に、またはガスジャングルを新しいものに取り替える場合に、ガスジャングル内のラインをパージするために使用される。

【0046】このように、ライン内に残存する第1、第2反応ガスや空気または汚染源などは不活性ガスによって第1、第2バイパスライン280、290を通じて直ちに排気ライン400にパージされるので、反応容器100が汚染されることを防止できる。したがって、これら第1、第2バイパスライン280、290は、薄膜を蒸着する工程などでは使用されず、特殊な場合に限りて使用される。

【0047】ガスジャングルは、ラインに残存するガス及び/又は汚染源をパージするためのものであって、不活性ガス供給源310からの不活性ガスを供給する別途の不活性ガス供給ライン320をさらに含む。不活性ガス供給ライン320は、第1反応ガス供給部210、第2反応ガス供給部230、第1不活性ガス供給ライン260、第2不活性ガス供給ライン270、第1バイパスライン280、第2バイパスライン290、及び排気ライン400などと有機的に連結されている。

【0048】このような不活性ガス供給ライン320は、第1反応ガス供給部210への不活性ガスの流れをオン/オフするための第14弁V14、第2反応ガス供給部230への不活性ガスの流れをオン/オフするための第15弁V15、第1不活性ガス供給ライン260への不活性ガスの流れをオン/オフするための第16弁V16、第2不活性ガス供給ライン270への不活性ガスの流れをオン/オフするための第17弁V17、第1バイパスライン280への不活性ガスの流れをオン/オフするための第18弁V18、及び第2バイパスライン290への不活性ガスの流れをオン/オフするための第19弁V19を通じて、工程に必要な基本的なガスラインに接続される。

【0049】排気ライン400には、反応容器100及び第1、第2バイパスライン280、290、本発明による後述するクリーニングガス供給ライン340などが連結されている。排気ライン400には、圧力測定部160において測定された反応容器100内の圧力によって制御されるものであって、排出されるガス量を調節するスロットル弁TV、排気ガスの流れをオン/オフするための第23弁V23、第24弁V24、第25弁V25、及び排気ポンプ410などが設けられている。第1バイパスライン280は、第23弁V23と第24弁V24との間のラインに連結され、第2バイパスライン290は第25弁V25と排気ポンプ410との間のライ

ンに連結されている。

【0050】一方、前記のようなガスジャングルにおいて、反応ガスが流れる時に望ましくない凝縮現象によるコールドスポットが形成される場合がある。コールドスポットは薄膜蒸着工程時に悪影響を及ぼすため、ラインにはコールドスポットの発生を抑えるためのヒータ（図示せず）が設けられる。望ましくは、これらのヒータをライン別にできる限り多くの領域区分をして独立的に設け、ライン内の全ての領域において温度勾配を形成する。この実施形態においては、反応容器100に行くほど温度勾配を40℃～200℃の範囲に設定される。

【0051】ガスジャングルは、反応容器100をクリーニングするためのクリーニングガス供給ライン340を含む。クリーニングガス供給ライン340は第1反応ガス供給ライン220と連結されている。

【0052】クリーニングガス供給ライン340は、クリーニングガスを供給するクリーニングガス供給部330と、供給されるクリーニングガスの流れをオン／オフする第21弁V21と、第21弁V21を通過したクリーニングガスの流量を制御するクリーニングガスMFC 342と、クリーニングガスMFC 342により制御されたクリーニングガスの流れをオン／オフする第22弁V22とを含む。また、クリーニングガス供給部330と第21弁V21との間のラインには、クリーニングガス内に存在する異物をフィルタリングするフィルター332が設けられる。前記のような構造において、クリーニングガスとしてC1F3ガスを使用できる。

【0053】クリーニングガス供給ライン340は、クリーニングガスを反応容器100を経ずに直ちに排気ライン400に流すために、排気ライン400に連結されている第2バイパスライン290と第26弁V26を介して連結されている。クリーニングガス供給ライン340を経由して流入されるクリーニングガスは、第22弁V22を閉じ、第26弁V26を開くとき、第2バイパスライン290及び排気ライン400を経て外部に排出される。

【0054】なお、クリーニング装置は、上記、クリーニングガス供給部330、フィルター332、クリーニングガス供給ライン340、クリーニングガスMFC 342、第21弁V21、第22弁V22、第26弁V26、及び排気ライン400等を含む。

【0055】次に、前記のような構造のクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置の第1実施形態の動作について説明する。この実施例においては、ウェーハにTiN薄膜を蒸着するための構成が示されており、このために、第1反応ガスとしてTiCl₄を使用し、第2反応ガスとしてNH₃を使用し、不活性ガスとしてArを使用する。したがって、バブラー211には液状のTiCl₄が入れられている。

【0056】ウェーハwは、移送モジュール102のロ

ボットアーム（図示せず）によってウェーハ移送穴116を通じて反応容器100の内部に移送されてウェーハブロック140に置かれる。

【0057】ウェーハwがウェーハブロック140上に置かれると、ウェーハブロック140の温度は425℃～650℃まで上がってウェーハwを400℃～600℃まで上昇させる。ウェーハ温度が安定化した後に、反応容器100へのガスの流入を行う。

【0058】ガスの流入は、先ず、第1弁V1、第6弁V6、第8弁V8、第4弁V4を数秒間開くことにより始まる。これにより、バブリングされたTiCl₄ガスは第2弁V2まで満たされ、Arガスは第1、第2不活性ガスMFC 262、272により適切に流量制御された後、第7弁V7及び第9弁V9まで満たされ、NH₃ガスは第2反応ガスMFC 232により適切に流量制御された後、第5弁V5まで満たされる。

【0059】次に、第7弁V7、第9弁V9を開いてArガスを反応容器100の内部に流入させる。Arガスが流入される前に、反応容器100の内部の圧力は10⁻⁴～5×10⁻³Torrに保たれるが、Arガスが流入されるに伴い、反応容器100の内部の圧力は1～10Torrとなる。このような圧力は、反応容器100に設けられた圧力測定部160が排気ライン400のスロットル弁TVを適切に開くことにより可能である。ここで、第7、第9弁V7、V9を第6、第8弁V6、V8を開いた後で順次的に開く理由は、突然第7、第9弁V7、V9を開く場合、これらの弁を経由して反応容器100内にガスが逆流する場合があるからである。

【0060】次に、反応容器100内にNH₃ガス及びTiCl₄ガスを交互に流入させることにより、ウェーハw上にTiN薄膜を蒸着する。例えば、TiCl₄ガスを先に流入する場合には、反応容器に、先ず第1段階としてTiCl₄ガス及びArガスを共に流入させ、所定時間経過後にTiCl₄ガスを排除させる。これにより、ウェーハw上にTiCl₄ガス層が形成され、このガス層は継続して流入されるArガスにより圧着される。

【0061】次に、第2段階として、NH₃ガス及びArガスを共に流入させてから、NH₃ガスの供給を所定時間遮断する。NH₃ガスは、既にウェーハw上に形成されているTiCl₄ガス層と反応してウェーハwにTiN薄膜を形成する。すなわち、第1、第2段階の連続的な遂行を通じてTiN+NH₃層が形成される。

【0062】次に、TiN+NH₃層上に継続的な薄膜成長のために第1段階を再び行う。これにより、TiN+NH₃層はTiN+TiN+TiCl₄層に変わる。次に、第2段階の実施によりTiN+TiN+TiN+NH₃層を形成し、これらの工程を繰り返すことにより、所望の厚さのTiN薄膜が得られる。

【0063】このようなTiN薄膜蒸着工程は、第6、

第7弁V6、V7及び第8、第9弁V8、V9を開いてArガスを反応容器100内に流入しつつ、第1弁V1及び第4弁V4を常に開いた状態で第3弁V3及び第5弁V5を交互にオン／オフすることにより行われる。

【0064】このとき、第2弁V2は、第3弁V3が開く前に開かれてTiCl₄ガスを第1反応ガスMFC 212を経由して第3弁V3まで満たし、次に、第3弁V3を開いて第1反応ガスを反応容器100に送るときに第2弁V2は閉じるようにする。すなわち、第1反応ガスは、弁及び弁を順次経由して第1反応ガス供給ライン220に進む。そして、反応工程を通じて生じる工程副産物は排気ライン400のスロットル弁TV、及び常に開かれた第23、第24、第25弁V23、V24、V25を経由して排出される。

【0065】要約すれば、TiCl₄ガスは第1、第2弁V1、V2を経て流量制御された後、第3弁V3を通じて第1反応ガス供給ライン220に流れ、Arガスは流量制御された後、第7弁V7を経て第1反応ガス供給ライン220においてTiCl₄ガスと混合されて反応容器100に流れる。

【0066】次に、混合されたTiCl₄及びArガスは、第1接続パイプ111及び第1連結ライン121を経由し、第1混合部134において再び均一に混合されて噴射口131を通じてウェーハw上に一様に噴射される。NH₃ガスは第4弁V4を経て流量制御された後、第5弁V5を通じて第2反応ガス供給ライン240に流れ、Arガスは流量制御された後、第9弁V9を経て第2反応ガス供給ライン240においてNH₃ガスと混合されて反応容器100に流れる。

【0067】次に、混合されたNH₃ガス及びArガスは、第2接続パイプ112及び第2連結ライン122を経由し、第2混合部135において再び均一に混合された後、ノズル133を通じてリアクターブロック110の内側壁に向かって噴射される。

【0068】このとき、望ましくは、流量制御されるTiCl₄ガスの流量を1SCCM以上、TiCl₄ガスと混合されるArガスの流量を50SCCM以上、NH₃の流量を50SCCM以上、NH₃ガスと混合されるArガスの流量を60SCCM以上にする。このような値は何回かに亘っての実験により得られたものであり、少なくとも流量が前述した値以上であるとき、高純度及び電気特性に優れ、しかもステップカバーレージが良好な薄膜が得られる。

【0069】前記のような方式により行う薄膜蒸着工程は、反応容器100への連続的なガス噴射によりなされ、また、圧力測定部160及びスロットル弁を含む弁との適切な信号のやり取り及び制御により反応容器100の工程圧力が一定に保たれる。したがって、蒸着される薄膜の均一化がさらに向上される。

【0070】そして、第1反応ガスとしてTa元素を含

む化合物ガスを使用し、第2反応ガスとしてNを含む化合物であるNH₃ガスを使用する場合にも、前記のような方法を採用することにより、ウェーハw上にTa₂N薄膜を蒸着できる。

【0071】ここで、前述したArガスなどの不活性ガスは、第1、第2反応ガスを適切に希釈して円滑に反応容器100に送る役目をし、重要な工程変数として作用する。また、不活性ガスは、第1、第2反応ガス供給ライン220、240に、ウェーハの薄膜蒸着工程及びその前後に亘って常に一定量以上が流れることにより、反応ガス供給ラインへのガスの逆流を防止する役目をする。

【0072】次に、本発明によるクリーニング方法について説明すれば、下記の通りである。クリーニング方法は、クリーニングガス及び不活性ガスをを用いて反応容器100の内壁及び構成要素に形成された薄膜や工程副産物を除去するためのメインクリーニング工程及びサブクリーニング工程と、反応容器100内に残っているパーティクルを反応容器100の内壁及び構成要素に固着させて分離されないようにするための容器内プレコーティング工程とを含む。

【0073】メインクリーニング工程は、ウェーハwが反応容器100に収納されていない状態で行われるものであって、反応容器100の内壁や各種の構成要素（拡散板130、ウェーハブロック140、ポンピングバツフルの側壁150aなど）に形成された薄膜や工程副産物（パウダー、不純物を含む薄膜など）が蒸着し過ぎてそこから分離されるパーティクルの数が所定の値を超える場合に、或いは定まった周期毎に行われる。クリーニング周期は形成する薄膜に応じて違いがあるが、TiN、Ti、TiAIN薄膜などを蒸着する場合、メインクリーニング工程は、少なくとも500枚以上のウェーハを蒸着した後に行われる。

【0074】メインクリーニング工程は、クリーニングガスMFC 342により流量制御されたクリーニングガス及び第1不活性ガスMFC 262により流量制御された不活性ガスを第1反応ガス供給ライン220において混合させた後、この混合ガスを拡散板130の噴射口131を通じてウェーハブロック140の上部の表面に噴射する。また、メインクリーニング工程は、第2不活性ガスMFC 272により流量制御された不活性ガスを、第2反応ガス供給ライン240及び拡散板130のノズル133を通じてウェーハブロック140の縁側に噴射する。この実施形態において、クリーニングガスとしてClF₃ガスを使用し、不活性ガスとしてArガスを使用する。

【0075】ClF₃ガスは常温においてほとんど無色透明であり、沸点が11.75℃である。このようなClF₃ガスは、反応容器100の内部に流入されるまで液化しない必要があり、適切な温度に加熱するためにラ

インにヒータを設ける。

【0076】Arガスは、ClF₃ガスを第1反応ガス供給ライン220を通じて拡散板130に流すことにより、ClF₃ガスを適切に希薄させて、ClF₃ガスを反応容器100の内部に円滑に流す。

【0077】メインクリーニング工程に際し、反応容器100の内部にオーバエッチングによる材質の損傷を防止するための温度の設定が必要である。ほとんどの反応容器内の構成要素は、その表面の温度が170℃以下において、ClF₃ガスに対し安定的である。同じく、排気ラインの温度も170℃以下であれば適切である。したがって、反応容器100の内部の表面温度が、ウェーハブロック140を除いて、高くとも200℃を超えないように、望ましくは、170℃以下になるようにヒータを調整する。また、薄膜蒸着工程では425℃～650℃の温度範囲であるウェーハブロック140の温度を約300℃まで下げた状態で行う。

【0078】ここで、望ましくは、流量制御されるClF₃ガスの流量は50SCCM以上、ClF₃ガスと混合されて前記噴射口131に流れるArガスの流量制御された流量は50SCCM以上、前記第2反応ガス供給ライン240を経由してノズル133に流れるArガスの流量制御された流量は300SCCM以上にする。

【0079】このとき、望ましくは、反応容器100内の圧力を、0.5 Torr～10 Torrの範囲に設定する。前記のような方式により行うガスクリーニング工程には、略50分～90分の時間がかかる。

【0080】サブクリーニング工程も、ウェーハwを反応容器100に収納しない状態で行う工程で、十分な量の工程副産物が反応容器100内に堆積しなかったにも拘わらず、反応容器100内の局所的な過剰堆積によりそこから分離されるパーティクルの数が所定数以上となる場合に行われる。サブクリーニング工程は、メインクリーニング工程に比べて簡素化したクリーニング工程である。

【0081】サブクリーニング工程は、第22弁V22を周期的にオン/オフすることによりClF₃ガスを反応容器100の内部に流入させるパルス流入を行う。第22弁V22を周期的にオン/オフすれば、反応容器100の内部においてはClF₃ガスによる圧力揺動が生じる。圧力揺動によってClF₃ガスは反応容器100への流入時に瞬間的に均一に拡散しつつ、反応容器100の内部に局所的に過剰堆積された薄膜や工程副産物をエッチングして除去する。

【0082】ここで、望ましくは、流量制御されるClF₃ガスの流量は50SCCM以上、ClF₃ガスと混合されて噴射口131に流れるArガスの流量制御された流量は50SCCM以上、前記第2反応ガス供給ライン240において混合されてノズル133に流れるArガスの流量制御された流量は300SCCM以上にする。

【0083】パルス流入は、Arガスをノズル133を通じて連続的に噴射しつつ、第22弁V22を周期的にオン/オフすることにより、ClF₃ガスを反応容器100の内部に流す。第22弁V22のオン/オフ周期は約1～2秒にし、総パルス流入時間は約5分以上にする。このとき、反応容器100内の圧力は0.5 Torr～10 Torrの範囲に設定する。また、温度条件は、ウェーハブロック140の温度を約400℃以下にし、反応容器100の内部の表面の温度を、ウェーハブロック140を除いて高くとも200℃を超えないように、望ましくは170℃以下にした状態に保つ。

【0084】前記のようなメインクリーニング工程またはサブクリーニング工程において、反応容器100に流入させるClF₃ガスの流入量とその反応容器100内の圧力を一定にする場合、反応容器100の内部の表面全体に亘って蒸着された薄膜の平均的なエッチング速度を一定にするためには、望ましくは、噴射口131から噴射されるArガス量及び前記ノズル133に噴射されるArガス量の合計を一定にする。

【0085】容器内プレコーティング工程も、ウェーハwを反応容器200に収納しない状態で行うものであって、ClF₃ガスを用いたメインクリーニング工程後に反応容器100の内部に残っている微細なパーティクルをその反応容器100の内部の表面に固着させるための工程である。この工程を通じて薄膜蒸着工程時にウェーハwにパーティクルが落ちることを防止できる。

【0086】容器内プレコーティング工程を行う前に、反応容器100内に残っているガスを十分に排出する必要がある。このために、メインクリーニング工程やサブクリーニング工程の完了後、反応容器100内へのあらゆるガスの流入を中断すると同時に、スロットル弁TVを完全に開いて最大限のポンピングを行い、反応容器100の内部に残っているClF₃及びArガス、及び工程副産物を素早く排気ライン400に排出させる。

【0087】反応容器100の内部が十分に真空状態となったとき、メインクリーニング工程時に低下させたウェーハブロック140の温度を薄膜蒸着工程の温度（約425℃～650℃）に上げ始める。ウェーハブロック140の温度を上げる過程において、Arガスを反応容器100に流入させるフラッシング（flushing）を併行する。フラッシングは、第6弁V6及び第7弁V7を開いてArガスを第1反応ガス供給ライン220を通じて反応容器100に流すと同時に、第8弁V8及び第9弁V9を開いてArガスを第2反応ガス供給ライン240を通じて反応容器100に流すことにより行われる。

【0088】フラッシングが行われる間に、ウェーハブロック140の温度は薄膜蒸着工程の温度まで上がる。ウェーハブロック140の温度が薄膜蒸着工程の温度まで上がって安定化すれば、前述した薄膜蒸着工程とほと

んど類似した容器内プレコーティング工程を行う。

【0089】容器内プレコーティング工程は、流量制御された $TiCl_4$ ガス及び Ar ガスを混合して噴射口131を通じてウェーハブロック140の上部の表面に噴射し、 NH_3 ガス及び流量制御された Ar ガスを混合してノズル133を通じてウェーハブロック140の縁側に噴射することにより行われる。

【0090】このとき、 $TiCl_4$ ガスを反応容器に流入させる少なくとも数秒前に NH_3 ガスを先に流入させることが重要である。これは、 $TiCl_4$ ガス自体に強い腐食性があるため、もし、 $TiCl_4$ ガスが反応容器100の内部に先に流入されれば、反応容器100の内部の構成要素が瞬間エッチングされて固相の極めて小さいパーティクルが生じる。

【0091】したがって、 $TiCl_4$ ガスが流入される少なくとも数秒前に NH_3 ガスを流入させて、反応容器100の内部の表面に NH_3 ガス層を予め存在させる。そして、以降に $TiCl_4$ ガスが流入されるとき、 $TiCl_4$ ガスと NH_3 ガスとを反応させることにより、 $TiCl_4$ ガスのエッチング作用を最小化する。

【0092】すなわち、前記第1反応ガスとして Cl 元素を含む化合物ガスを使用し、前記第2反応ガスとして NH_3 を使用する場合、パーティクルの生成を最小化するために、初期第1反応ガスを前記反応容器100に流入させる少なくとも数秒前に NH_3 ガスを予め流入させる。

【0093】次に、反応容器100に前記 $TiCl_4$ ガス及び Ar ガスを混合して流入させつつ、 $TiCl_4$ ガスを所定時間排除させる第1工程と、反応容器100に NH_3 ガス及び Ar ガスを流入させつつ、 NH_3 ガスを所定時間排除させる第2工程とを繰り返すことによって、容器内プレコーティング工程を行う。或いは、前記 NH_3 及び不活性ガスを流入し続けつつ、且つ $TiCl_4$ ガス及び Ar ガスを混合して流入させつつ $TiCl_4$ ガスを所定時間排除させる工程を繰り返すことにより、容器内プレコーティング工程を行う。

【0094】前記のような容器内プレコーティング工程は、ウェーハwを反応容器100に収納しない状態で行う点を除いては、実質的に薄膜蒸着工程と極めて類似しており、その蒸着条件もほとんど類似している。すなわち、薄膜蒸着工程でのように、第1反応ガスとして Ti 、 Ta 、 W 転移金属元素を含む化合物ガスを使用し、第2反応ガスとして NH_3 ガスを使用する場合、薄膜蒸着工程時に、前記ウェーハwの温度を $400^{\circ}C \sim 600^{\circ}C$ の範囲に保ち、前記反応容器100に連結されるラインの温度を $40^{\circ}C \sim 200^{\circ}C$ の範囲に保つ。

【0095】前記のような構造の薄膜蒸着装置を適用して試験したデータが図9に示されている。図9は、クリーニング工程前後に、反応容器100において検出されるパーティクルの数を示したものである。

【0096】図中、Aは500枚のウェーハを薄膜蒸着した後に検出されたパーティクルの数であり、Bはメインクリーニング工程後に検出されたパーティクルの数であり、Cは容器内プレコーティング工程後に検出されたパーティクルの数である。

【0097】参考として、ALD薄膜形成の種類、設備の条件によってウェーハ枚数に準拠するモニターリング周期に違いがありうる。この実施形態においては、500枚のウェーハを連続的に薄膜蒸着した後に検出されたパーティクルの数は28であり、60分間のクリーニング工程後に275個のパーティクルが検出され、続く10分間の容器内プレコーティング工程後には15個に減った。ここで、クリーニング工程後に275個のパーティクルが検出されたのは、反応容器100の内部が汚染されたからではなく、クリーニング工程を通じて拡散板130の表面に存在するクリーニング工程副産物が排気ラインに排出できずウェーハw上に落ちたからである。次に、容器内プレコーティング工程を行えば、検出されるパーティクルの数を顕著に低減できる。

【0098】前記のようなクリーニング工程は、従来の反応容器を開いて行っていた湿式クリーニング工程とは違いがあり、湿式クリーニング工程を行う時に生じる時間的損失を最大限に減少させた。この実施形態においては、クリーニング工程は、形成する薄膜によって少し違いがあるが、約500枚以上を周期として5-10回以上問題なく行える。

【0099】次に、図10を参照し、本発明によるクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置の第2実施形態について説明する。ここで、図1と同一の符号は同一の機能をする同一の部材である。

【0100】第2実施形態が第1実施形態と異なる点は、第1実施形態がウェーハw上に TiN または TaN 薄膜を蒸着できるのに比べて、第2実施形態においては、 WN などの薄膜を形成できる。これを可能にするために、第1実施形態の構成のうち、第1反応ガス供給部210が第1反応ガス供給部510に取り替えられる。

【0101】第1反応ガス供給部510は、第1反応ガスの流れをオン/オフする第3弁 $V31$ と、第3弁 $V31$ を通過した第1反応ガスの流量を制御する第1反応ガスMFC 512とを含む。この第1反応ガス供給部510は第3弁 $V3$ と連結される。

【0102】すなわち、前述のような構成において、 WN 薄膜を形成する場合、第1反応ガスの原料として WF_6 を使用し、第2反応ガスとして N を含む化合物ガス、例えば、 NH_3 を使用し、不活性ガスとして Ar ガスを使用する。前記のようなガスを使つての薄膜蒸着方法は TiN を蒸着する方法とほとんど類似しているため、詳細な説明を省略する。

【0103】次に、図11を参照し、本発明によるクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置の第3実施形

態について説明する。ここで、図1と同一の符号は同一の機能をする同一の部材である。

【0104】第3実施形態が第1実施形態と異なる点は、第1実施形態がTiNまたはTa₂N薄膜などを蒸着できるのに比べて、第3実施形態においてはTiNまたはTa₂Nはもちろん、Ti、TiAlN薄膜を形成できる。これを可能にするために、第1実施形態の構成に加え、第3反応ガスであるTMAガスが移送される第3反応ガス移送ラインと、第4反応ガスであるH₂ガスが移送される第4反応ガス移送ラインとをさらに加える。

【0105】第4反応ガス供給部610は、供給するH₂の流れをオン／オフする第32弁V32と、第32弁V32を通過したH₂の流量を制御する第4反応ガスMFC612と、第4反応ガスMFC612により制御されたH₂ガスの流れをオン／オフする第33弁V33を含む。

【0106】第3反応ガス供給部620は、第3反応原料をガス化するバブラー621と、流れる第3反応ガスの流れ量を制御する第3反応ガス流れ量制御器622と、バブラー621と第3反応ガス流れ量制御器622との間に設けられて第3反応ガスの流れをオン／オフする第34弁V34と、第2反応ガス供給ライン240に、第3反応ガス流れ量制御器622により制御された第3反応ガスの流れをオン／オフする第35弁V35を含む。

【0107】すなわち、前述した構成において、TiNまたはTa₂Nはもちろん、Ti、TiAlNなどの薄膜を形成するために、第1反応ガスとしてTiまたはTa転移金属元素を含む化合物ガスを使用する。また、不活性ガスとしてArを使用し、第2反応ガスとしてN元素を含む化合物ガスを使用し、第3反応ガスとしてTMAガスを使用し、第4反応ガスとしてH₂ガスを使用する。

【0108】このような構造の薄膜蒸着装置の第3実施形態は、前述した第1実施形態とほぼ同一なため、これについての詳細な説明は省略する。前記各実施形態において言及されたALD薄膜は、Ti、TiN、TiAlN、WN、Ta₂N薄膜であった。前記例は代表的に言及されたものであって、反応ガスを変えてWSiN、TiSiN、TaSiNなどの転移金属元素を含むALD薄膜を蒸着する場合にも、本発明を適用できる。

【0109】

【発明の効果】本発明によるALD薄膜蒸着装置のクリーニング装置及びクリーニング方法によれば、反応容器内または構成要素の表面に蒸着される薄膜や工程副産物が、反応容器を開かずに効率良く乾式クリーニングされる。そのため、クリーニング後に薄膜蒸着工程を容易に行える。

【0110】さらに、本発明によれば、Ti、TiAl

N、TiN、Ta₂N、WN、WSiN、TiSiN、TaSiNなどの薄膜を形成するに当たって、薄膜蒸着工程後に、クリーニング工程時に反応容器の内壁または構成要素に積層された薄膜及び工程副産物を効率良く除去できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置の第1実施形態を示した図である。

【図2】図1のクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置において、反応容器の分解斜視図である。

【図3】図2に採用される反応容器において、シャワーヘッド及び拡散板を分離して示した斜視図である。

【図4】図2の反応容器の断面図である。

【図5】図4の反応容器の第1混合部を拡大した図である。

【図6】薄膜形成に際し、間隔Dと比抵抗との関係を示したグラフである。

【図7】TiCl₄ガス及びNH₃ガスを使つてのTiN蒸着時に、拡散板の底面の温度とTiN薄膜蒸着速度との関係を示したグラフである。

【図8】反応容器が移送モジュールにバット弁を通じて結合された状態を示した図である。

【図9】クリーニング工程前後に、反応容器において検出されるパーティクルの数を示したデータである。

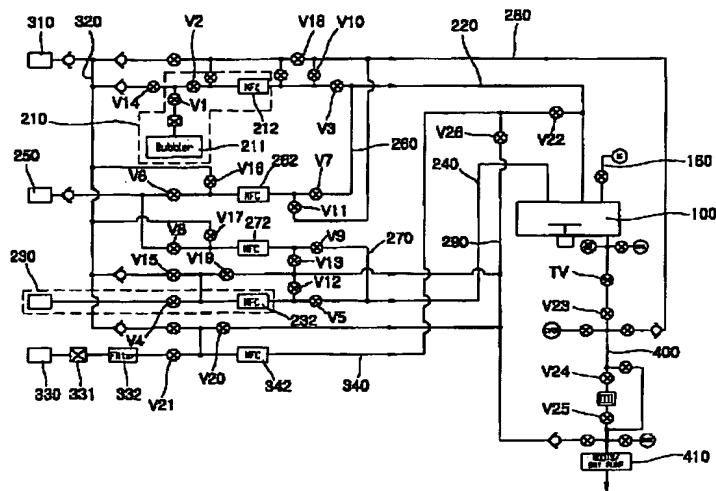
【図10】本発明によるクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置の第2実施形態を示した図である。

【図11】本発明によるクリーニング装置を備えたALD薄膜蒸着装置の第3実施形態を示した図である。

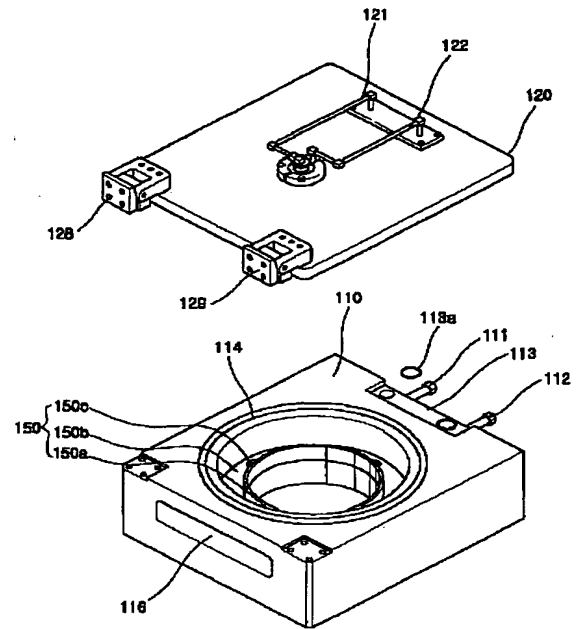
【符号の説明】

100…反応容器、110…リアクターブロック、120…シャワーヘッド板、123…冷媒流路、130…拡散板、131…噴射口、133…ノズル、140…ウェーハブロック、210、510…第1反応ガス供給部、211…バブラー、212、512…第1反応ガス流量制御部、220…第1反応ガス供給ライン、230…第2反応ガス供給部、232…第2反応ガス流量制御部、240…第2反応ガス供給ライン、260…第1不活性ガス供給ライン、262…第1不活性ガス流量制御部、270…第2不活性ガス供給ライン、272…第2不活性ガス流量制御部、280…第1バイパスライン、290…第2バイパスライン、330…クリーニングガス供給部、332…フィルター、340…クリーニングガス供給ライン、342…クリーニングガス流量制御部、400…排気ライン、610…第4反応ガス供給部、612…第4反応ガス流量制御部、620…第3反応ガス供給部、621…バブラー、622…第3反応ガス流量制御部、V1…第1弁、V21…第21弁、V31…第31弁、V32…第32弁、V33…第33弁、V34…第34弁、V35…第35弁。

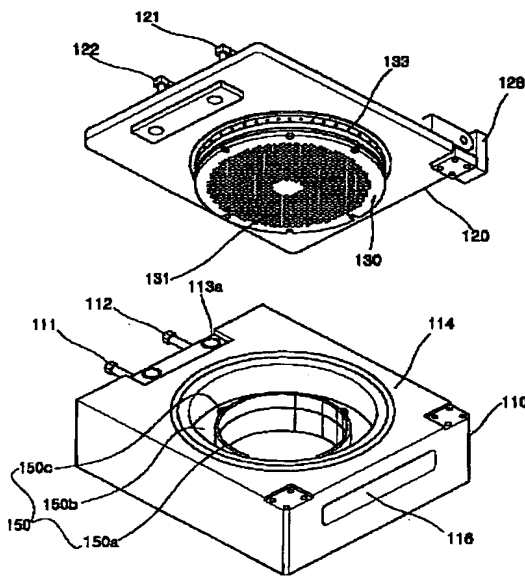
【図1】



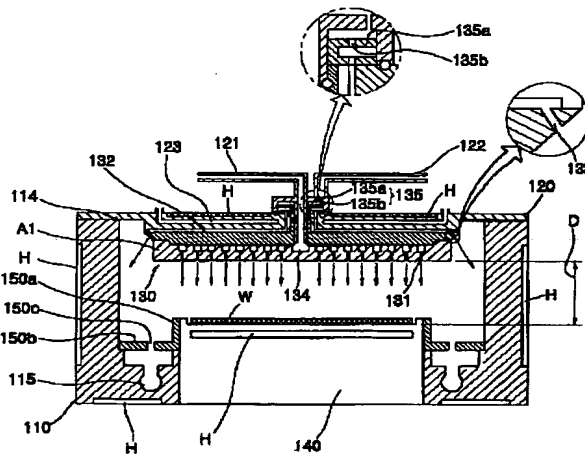
【図2】



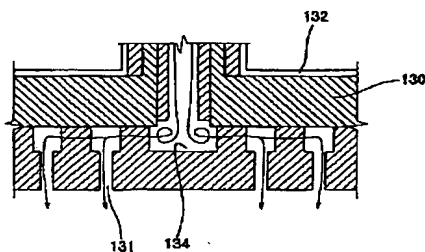
【図3】



【図4】

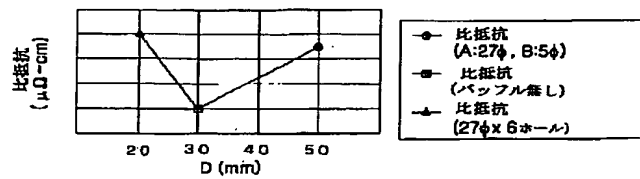


【図5】

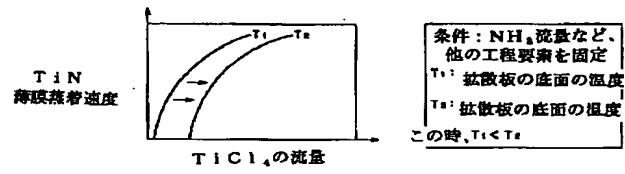


【図6】

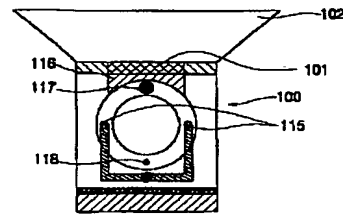
TIN薄膜蒸着時の間隔Dと比抵抗との関係



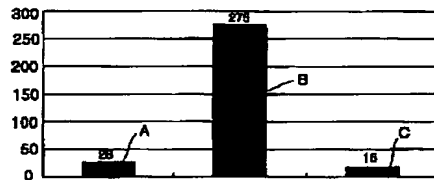
【図7】



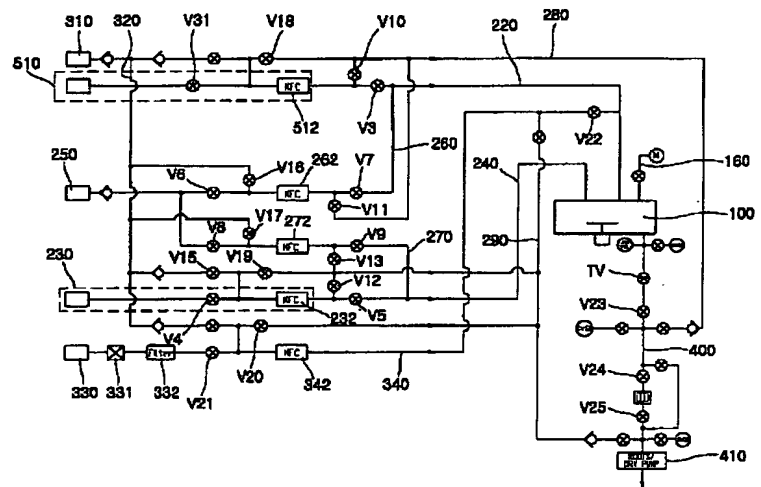
【図8】



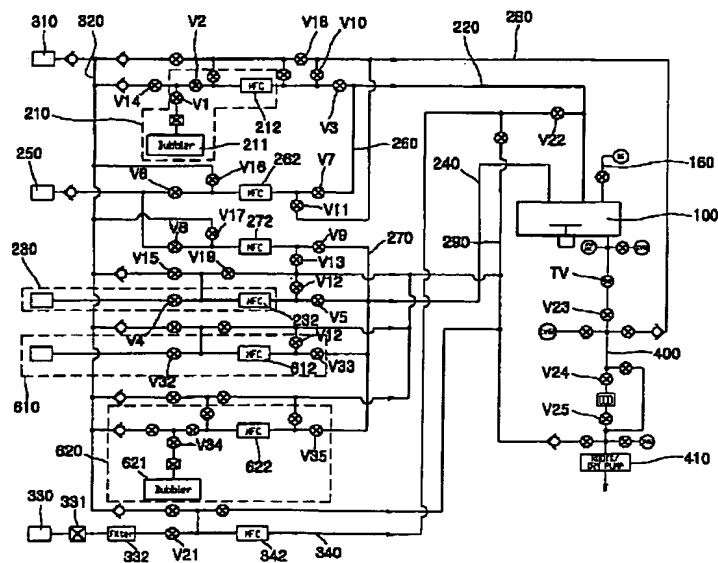
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4K030 AA03 AA13 DA06 EA01 EA06
JA05 JA09 JA10 KA12 KA26
KA41
5F004 AA15 BA19 BB28 BD04 BD05
CA02 CA04 DA00 DA23 DA24
DB08 DB10 DB12 EA34